

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-161175

(P2000-161175A)

(43) 公開日 平成12年6月13日 (2000.6.13)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

F 0 2 M 51/06

F 0 2 M 51/06

N 3 G 0 6 6

61/10

61/10

P

61/16

61/16

K

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-335270

(22) 出願日 平成10年11月26日 (1998. 11. 26)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000232999

株式会社日立カーエンジニアリング

茨城県ひたちなか市高場2477番地

(72) 発明者 林原 光男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インジェクタおよび燃料噴射システム

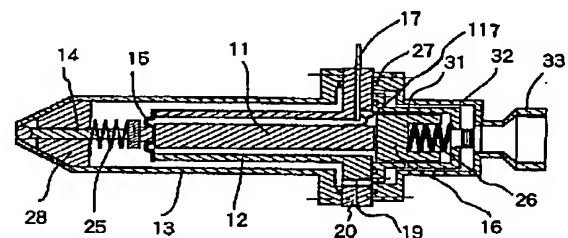
(57) 【要約】

【課題】 圧電素子の有する高速応答性を発揮でき、かつスペース的にも有利なインジェクタを提供すること。

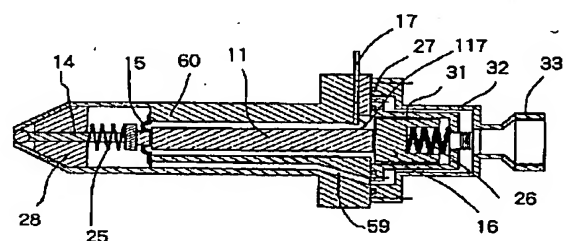
【解決手段】 燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する圧電素子、プランジャを駆動するバネ、これらを固定する治具およびハウジング（インジェクタの最も外側の構造部材）等から構成されたインジェクタにおいて、圧電素子および圧電素子を支持する部材の周囲に、これらを燃料から隔離する構造物（隔壁）を設け、燃料をハウジングと隔壁との間を通過させてインジェクタ先端に供給するとともに、燃料供給ラインとインジェクタとの接合部（燃料導入部）を、プランジャから見て、圧電素子よりも後方に配置したインジェクタ。

図 1

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】燃料通路の開閉を行うプランジャと、プランジャを駆動する中実構造の圧電素子と、圧電素子を燃料から隔離する隔壁と、これらを保持するハウジングとを有するインジェクタであって、燃料をハウジングと隔壁との間を通過させるか、ハウジングの一部に流路となる穴を設けて、インジェクタ先端に供給するとともに、インジェクタへの燃料導入部を、プランジャから見て、圧電素子より後方に配置したことを特徴とするインジェクタ。

【請求項2】請求項1において、圧電素子のリード線を装着する電極を有する部材を設け、この電極から離れた位置に、燃料が通過する流路を設けたことを特徴とするインジェクタ。

【請求項3】燃料通路の開閉を行うプランジャと、プランジャを固体または弾性体を介して駆動する中実構造の圧電素子と、これらを保持するハウジングとを有するインジェクタであって、燃料を、ハウジングと、燃料から保護する保護膜を有する圧電素子との間を通過させてインジェクタ先端に供給するとともに、インジェクタへの燃料導入部を、プランジャから見て、圧電素子の後背部側に有することを特徴とするインジェクタ。

【請求項4】燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、圧電素子を支持する可動部材とを有し、可動部材の移動速度が、インジェクタ動作時に $0.1\mu\text{m/s} \sim 500\mu\text{m/s}$ の範囲内にあることを特徴とするインジェクタ。

【請求項5】燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、圧電素子を支持する可動部材とを有し、圧電素子を支持する可動部材が、室温時の静止点を原点とした時、少なくとも $-150\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ の移動ができることを特徴とするインジェクタ。

【請求項6】請求項1または請求項3において、固定部材に取り付けたバネと連結した可動部材によって圧電素子を支持し、可動部材の周囲に流体を充填し、隔壁の一部に変形可能な部材を設けたことを特徴とするインジェクタ。

【請求項7】請求項6において、変形可能な部材の中央部に圧電素子の支持部材を設け、この支持部材のインジェクタの長手方向の中心軸に垂直な面の受圧面積を、隔壁で囲まれた領域の断面（インジェクタの中心軸に垂直な断面）の面積の $1/3$ 以下にしたことを特徴とするインジェクタ。

【請求項8】請求項6において、変形可能な部材が燃料から受ける圧力の内、プランジャの軸方向の成分を、可動部材に取り付けたバネの力よりも小さくしたことを特徴とするインジェクタ。

【請求項9】請求項6において、流体の中に可動部材から見て圧電素子とは反対側に変形可能な部材を設けたこ

とを特徴とするインジェクタ。

【請求項10】請求項6において、可動部材の内部に流体の通過可能な流路を形成したことを特徴とするインジェクタ。

【請求項11】請求項1または請求項3において、隔壁の一部、もしくはこれに装着した部材により、圧電素子を支持する可動部材の可動範囲に制限を加えることを特徴とするインジェクタ。

【請求項12】請求項1、請求項4または請求項5において、圧電素子の周囲に設けた燃料と素子とを隔離する構造物の内部に弾性部材を設けたことを特徴とするインジェクタ。

【請求項13】自動車用の燃料噴射システムにおいて、請求項1、請求項3、請求項4または請求項5に記載の圧電式インジェクタを有することを特徴とする燃料噴射システム。

【請求項14】請求項13に記載の圧電式インジェクタを用いて、吸気行程と圧縮行程の両方で燃料を噴射し、圧縮行程の噴射量を吸気行程の噴射量よりも小さくしたことを特徴とする燃料噴射システム。

【請求項15】請求項13または請求項14において、吸気行程の噴射量の割合を $0.7 \sim 0.9$ にしたことを特徴とする燃料噴射システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はインジェクタおよび燃料噴射システムに関し、特に圧電素子を用いたものに関する。

【0002】

【従来の技術】圧電素子を用いたインジェクタとしては、例えば、特開平7-189853号公報（以下従来例1という。）には、圧電素子とプランジャとの間に流体を介在させ、圧電素子の力を間接的にプランジャに与えて弁開閉を行うパイロット式のインジェクタが記載されている。また、例えば、特開昭62-191662号公報（以下従来例2という。）には、円筒状の圧電素子（中空圧電素子）を用いたインジェクタが記載されている。また、例えば、特開昭62-199963号公報（以下従来例3という。）、特開平8-97980号公報（以下従来例4という。）には、圧電素子によって直接プランジャを駆動するインジェクタが記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】自動車エンジンの燃費向上あるいは排気ガスの清浄化が強く求められており、高速応答性を有するインジェクタの開発が急務の課題となっている。従来の電磁式インジェクタの応答性はほぼ限界に達していることから、高速動作が可能な圧電素子を用いたインジェクタに期待が寄せられている。

【0004】圧電式インジェクタは、流体を介在物として間接的にプランジャを駆動するパイロット式と圧電素

子によって直接プランジャを駆動する直動式に大別できる。前者は流体の流路を工夫すれば、圧電素子のストローク以上にプランジャのストロークを大きくできる利点があるものの、ピストンとシリンダ間の摺動抵抗あるいは流体の弾性的特性の影響を受けることから、応答性の面では直動式インジェクタの方が有利と考えられる。

【0005】直動式インジェクタとしては、中空の圧電素子（円筒状の圧電素子）を用いたインジェクタも検討されているが、インジェクタ全体が太くなること、プランジャが長くなり、重量が増加するため、応答性が悪くなること、さらには、円筒素子の製造の歩留りが悪い、あるいは素子断面積が大きくなることから、素子がコスト高になるなどの問題を有する。

【0006】また、圧電式インジェクタを考える上で、インジェクタの寸法の問題を避けて通ることはできない。特に直噴方式のエンジンでは、インジェクタの先端から中央部にかけては外形が細く、部材がはみ出していないことが強く求められている。例えば、従来例4の場合は、インジェクタ先端のサイドから燃料を導入する形（サイドフィード型）になっており、スペース的な問題を抱えている。

【0007】また、インジェクタの使用温度は -40°C ～ 150°C と広い。圧電素子は通常インジェクタを構成する材料と熱膨張係数がかなり異なることから、直動式インジェクタを構成した場合、熱膨張差によって弁が開く、あるいは逆に圧電素子に過大な圧縮応力が加わり、素子破損につながる可能性がある。

【0008】また、排気ガスの清浄化に対して、具体的な解決方法の開発が急務の課題であるが、従来例はこの点についても触れていない。

【0009】本発明の目的は、内燃機関に好適な燃料供給用のインジェクタを提供することである。

【0010】本発明の他の目的は、排気ガス中の NO_x を低減できる燃料噴射システムを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、圧電式インジェクタにおいて、中空ではない（中実の）圧電素子による直動式を用いたことである。なぜなら、圧電式インジェクタに求められている機能は、第1に高速応答性であるからである。

【0012】また、本発明の他の特徴は、燃料通路の開閉を行うプランジャと、プランジャを駆動する中実構造の圧電素子と、圧電素子を燃料から隔離する隔壁と、これらを保持するハウジングとを有するインジェクタであって、燃料をハウジングと隔壁との間を通過させてインジェクタ先端に供給するとともに、インジェクタへの燃料導入部を、プランジャから見て、圧電素子より後方に配置したことである。また、本発明の他の特徴は、更に、圧電素子のリード線を装着する電極を有する部材を設け、この電極から離れた位置に、燃料が通過する流路

を設けたことである。

【0013】また、本発明の他の特徴は、燃料通路の開閉を行うプランジャと、プランジャを固体または弾性体を介して駆動する中実構造の圧電素子と、これらを保持するハウジングとを有するインジェクタであって、燃料を、ハウジングと、燃料から保護する保護膜を有する圧電素子との間を通過させるか、ハウジングの一部に流路となる穴を設けて、インジェクタ先端に供給するとともに、インジェクタへの燃料導入部を、プランジャから見て、圧電素子の後背部側に有することである。また、本発明の他の特徴は、インジェクタにおいて、燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、圧電素子を支持する可動部材とを有し、可動部材の移動速度が、インジェクタ動作時に $0.1\mu\text{m/s}$ ～ $500\mu\text{m/s}$ の範囲内にあることである。

【0014】また、本発明の他の特徴は、インジェクタにおいて、燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、圧電素子を支持する可動部材とを有し、圧電素子を支持する可動部材が、室温時の静止点を原点とした時、少なくとも $-150\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ の移動ができることである。

【0015】また、本発明の他の特徴は、更に、固定部材に取り付けたバネと連結した可動部材によって圧電素子を支持し、可動部材の周囲に流体を充填し、隔壁の一部に変形可能な部材を設けたことである。

【0016】また、本発明の他の特徴は、更に、変形可能な部材の中央部に圧電素子の支持部材を設け、この支持部材のインジェクタの長手方向の中心軸に垂直な面の受圧面積を、隔壁で囲まれた領域の断面（インジェクタの中心軸に垂直な断面）の面積の $1/3$ 以下にしたことを特徴とするインジェクタ。

【0017】また、本発明の他の特徴は、更に、変形可能な部材が燃料から受ける圧力の内、プランジャの軸方向の成分を、可動部材に取り付けたバネの力よりも小さくしたことである。

【0018】また、本発明の他の特徴は、更に、流体の中に可動部材から見て圧電素子とは反対側に変形可能な部材を設けたことである。

【0019】また、本発明の他の特徴は、更に、可動部材の内部に流体の通過可能な流路を形成したことである。

【0020】また、本発明の他の特徴は、更に、隔壁の一部、もしくはこれに装着した部材により、圧電素子を支持する可動部材の可動範囲に制限を加えることである。

【0021】また、本発明の他の特徴は、更に、圧電素子の周囲に設けた燃料と素子とを隔離する構造物の内部に弾性部材を設けたことである。

【0022】また、本発明の他の特徴は、自動車用の燃料噴射システムにおいて、上述のインジェクタを有するこ

とである。

【0023】また、本発明の他の特徴は、さらに、圧電式インジェクタを用いて、吸気行程と圧縮行程の両方で燃料を噴射し、圧縮行程の噴射量を吸気行程の噴射量よりも小さくしたことである。

【0024】また、本発明の他の特徴は、吸気行程の噴射量の割合を0.7～0.9にしたことである。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るインジェクタおよび燃料噴射システムの実施形態を図1乃至図25を参照して説明する。なお、同一の部位、矢印等は同一符号をもって示し重複した説明を省略する場合もある。

【0026】図1は、本発明の実施例の圧電式インジェクタの断面構造を示す図である。図2は、本発明の実施例の圧電式インジェクタを用いた燃料噴射システムの構成概略図である。図1(a)では、圧電素子11としては5mm×5mm×40mmの積層型の中実素子を用いた。圧電素子11は径φ10mm×15mmの可動部材16により支持され、圧電素子11と可動部材16は、内管12と内管31およびダイヤフラム15等で囲まれた領域に配置した。そして、この中に粘度の高いシリコンオイルを満たした。内管12および内管31は、ハウジング(図中では外管13および外管32が相当する。)の内側に配置し、燃料は燃料導入部33からハウジングと内管12、31の間を通り、電極取り出し部20においては燃料貫通孔19を経由して、インジェクタ先端に供給できる構成にした。なお、ハウジングは電極取り出し部を除いて外径19mmとし、内管12、31および外管13、32、可動部材16(ダンパ)およびダイヤフラム15はステンレス製とし、パッキン27は弗素系のゴムを用いた。バネ26は10kgf、バネ25は6kgfとし、この構成により圧電素子11が伸びると、プランジャ14がインジェクタ先端に押し付けられて閉弁した。一方、圧電素子11が縮むと、可動部材16がシリコンオイルの粘性のため急激には動かないことから、バネ25の力のみがプランジャ14に働き、開弁した。開閉弁の応答時間は100μs程度であり、電磁式インジェクタの約1/3の時間で弁が動くことがわかった。プランジャ14の軸は、部材28により支持され、圧電素子11の伸縮方向に動くように規制される。プランジャ14は、圧電素子の歪動作に伴って往復動する弁体として作用する。圧電素子と弁体との間においては、流体を介在することなく、固体部材及びまたは弾性部材を介して、力が伝達される。

【0027】図1(b)は、ハウジング60の一部に燃料の流路となる燃料貫通孔59を設け、ハウジング60に圧電素子11と燃料とを分離する役目を担わせたものである。ここでは、圧電素子11から見て燃料導入部33側に位置する部材は図1(a)と同じで、図1(a)と全く同じ原理で動作する。

【0028】本発明の実施態様(実施例)のインジェクタは、燃料導入部33が、プランジャ14からみて、圧電素子の背後または後方に位置している。したがって、インジェクタの先端から中央に至る部分に、燃料導入部といった大きなスペースを必要とする部材がなく、口径も小さい。そのため、本発明の実施態様のインジェクタを用いれば、エンジンへの搭載に適した省スペース型のインジェクタを構成できる。圧電素子11のリード117は、電極17を介して、インジェクタの外部(外管13、32より外)へ導かれる。

【0029】ここで、本発明の実施例のインジェクタと比較例としての中空の圧電素子を用いたインジェクタの口径を比較をすると次のようになる。

【0030】本発明の実施例では、内管12を外径12.5mm(内径8.5mm)とし、圧電素子11を内部に納めた。また、外管13は内径13mm、外径19mmとした。なお、機械的な力に対しては余裕があることから、内管12の外側に浅い溝を掘るなどの工夫をすれば、さらに小口径化が可能である。

【0031】一方、中空の圧電素子(円筒状)の場合、中空部に燃料管が通り、その中にプランジャを配置する必要がある。また、中空の圧電素子の場合、径方向の内から外へ向かう力には弱いことから、ガソリンの燃圧が中空の圧電素子に加わらないようにする必要がある。これらのことを考慮すると、中空部を通る管、プランジャ等を配置する空間を確保するためには、圧電素子の内径は約11mmは必要となる。また、中空素子(中空の圧電素子)は偏荷重に弱く、健全性を確保しようとする、素子の外径は少なくとも19mm～20mmは必要である。さらに、圧電素子のリード線を電極取り出し部へ配線すること、圧電素子をインジェクタ内部に固定すること等を考慮すると、インジェクタの口径(外径)は25mm以上になり、エンジンに搭載する際に制約が生じる。

【0032】図2は、本発明の実施例の圧電式インジェクタを用いた燃料噴射システムの構成概略図である。インジェクタ部分は、図1と同様の構造である。電極17を介して駆動回路204から圧電素子11を駆動する電気信号205が印加される。駆動回路204は、制御回路202からの制御信号203により制御される。制御回路202は、各種センサ等からの情報201に基づき制御信号203を生成する。また、燃料導入部33へは、燃料ポンプ207から管206を介して燃料が供給される。燃料ポンプ207へは、管208を介して燃料タンク209から燃料が供給される。

【0033】図3は本発明の実施例の電極取り出し部を詳細に示した図である。また、図4は、電極取り出し部の断面構造を示す。電極取り出し部20は内管12と溶接するか、一体物から内管12と一緒に切り出した物を用いた。電極取り出し部20には、燃料が通過する燃料貫通孔19(流路)を設けた。図4に示す様に、燃料貫

通孔 19 (流路) から離れた位置に電極 17 と該電極 17 を外部 (例えば、電極取り出し部 20) から電氣的に絶縁する電気絶縁部 18 とを設けた。また、図 3 に示すように、燃料漏れを防止するため、パッキン 27 が、外管側と内管側のそれぞれに設けられている。この構成により、燃料のトップフィード化が可能になった。

【0034】また、図 3 の構成は圧電素子 11 への電流のパスが燃料から完全に隔離されるため安全性が高い。特に、接合不良を起こしやすい圧電素子 11 のリード線 (図示せず) と電極 17 との接合部が内管 12 内に充たされたシリコンオイル中に浸されることから、スパークが起りにくく、万一起こったとしても燃料に引火する可能性はほとんどない。

【0035】さらに、圧電素子 11 のリード線と電極 17 との接合部を電気絶縁性の部材で覆っておけば、2 重の引火防止対策となり、安全性は一段と向上する。

【0036】一般にガソリンには水分、酸が含まれており、この中に圧電素子を浸すと圧電素子の劣化が起こることがある。図 1、図 3 および図 4 で示した構造のインジェクタの場合、圧電素子 11 とガソリンが接していないことから、圧電素子に特殊な絶縁体物質によるオーバーコートは不要である。

【0037】図 5 は、本発明の変形例の断面構造を示す。図 5 に示すインジェクタは内管 12、31 および外管 13、32 の一部を溶接によって接合したものである。図 1 に示すようなゴム製のパッキン 27 を用いたインジェクタに比べ、より細型のインジェクタを構成できる。溶接以外でも、例えばかしめによる接合箇所を増やせば、溶接の場合と同様の効果がある。他の構成は、図 1 と同様である。

【0038】図 6 は、本発明の他の実施例の圧電式イン

ジェクタの断面構造を示す。図 6 に示したインジェクタも基本的には直動式 (例えば、圧電素子 11 によるプランジャ 14 の駆動に液体を介在させない方式) でトップフィード型 (例えば、燃料タンクからインジェクタへの燃料供給が、プランジャ 14 からみて圧電素子 11 の背面側 (インジェクタの使用態様でみると高い (頭) 側) から行われる方式) のインジェクタである。図 1 の構成と同様に、圧電素子 11 としては $5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4.0\text{mm}$ の積層型素子を用いた。圧電素子 11 はベロー 29 を介して $\phi 1.0\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ の可動部材 16 によって支持し、可動部材 16 をシリコンオイルに満たした内管 31 の中に配置した。内管 31 は外管 32 の内側に配置し、燃料は燃料導入部 33 から外管 32 と内管 31 の間を通り、インジェクタ先端に供給する構成にした。インジェクタの他の構成部材については、図 1 のインジェクタと同様にした。図 6 の構造により、弁の高速開閉が可能で、省スペース型のインジェクタを構成できた。図 6 の可動部材 16 と圧電素子 11 の間のベロー 29 (もしくはダイヤフラム) は、圧電素子 11 とインジェクタ構成部材との熱膨張差が発生すると駆動力を受けて変形する。それに対して図 1 の構成では弁の開閉に伴ってベロー 29 あるいはダイヤフラムが変形する。熱膨張差による変形と弁開閉に伴う変形とを比べると、圧倒的に前者の方が回数としては少ない。そのため、図 6 の構造は図 1 の構造に比べて、変形部材の信頼性確保が容易である。

【0039】ここで、熱膨張差の緩和方法を具体的に説明する前に、圧電素子の熱膨張について説明する。表 1 は圧電素子 11 の熱膨張係数の測定結果の一例である。

【0040】

【表 1】

表 1

温度 (°C)	熱膨張係数 (ppm/°C)		
	オープン	ショート	250V 印加
-40 ~ 20	7.0	-2.0	-2.2
20 ~ 150	4.3	0	-2.5

【0041】測定は圧電素子 11 のリード線をオープン状態、ショート状態、250V 印加状態の 3 通り行った。その結果、温度 -40°C ~ 20°C での平均熱膨張係数は、それぞれ 7.0 ppm/°C、-2.0 ppm/°C、-2.2 ppm/°C、温度 20°C ~ 150°C での平均熱膨張係数は、それぞれ 4.3 ppm/°C、0 ppm/°C、-2.5 ppm/°C となり、電氣的な条件によって圧電素子の熱膨張特性は大きく変化した。また、これらの値は圧電素子の受けた温度的、電氣的な履歴にも影響を受けることを見出した。

【0042】インジェクタの場合、圧電素子の温度条件あるいは電氣的な条件は時々刻々と変化することから、通常の構造材で用いられる手法、例えば圧電素子と熱膨張

係数の異なる構造部材を圧電素子に装着し、周辺の部材との熱膨張を補償するという方法も可能であるが、更なる工夫が望ましい。

【0043】また、圧電素子の熱膨張特性は極めて複雑であるため、何らかのデータベースを用意し、熱膨張差を能動的な制御 (圧電素子にかかる電界の制御) によって補償することも可能であるが、更なる工夫が望ましい。これらの点を考慮して製作した熱膨張差の緩和機構を図 7 を用いて説明する。

【0044】図 7 は、本発明の実施例のダンバの動作原理を示す図である。前述した様に、内管 31 の内部にはダンバである可動部材 34 とバネ 35 を配置し、内管 31 の内部はシリコンオイル 36 で満たした。圧電素子 1

1の一方は、支持部材57を介して可動部材34に接続される。シリコンオイルは、変形可能なダイヤフラム11の熱膨張差を、バネ35の伸縮動作により緩和できる。ところで、圧電素子弾性力を受ける状態でプランジャ14に接続される。これらの部材は、ハウジング56により覆われる。可動部材34をバネ35によって、一定のバネ圧で押す構造とした。これによって、インジェクタの温度変化によって発生する圧電素子11の熱膨張差を、バネ35の伸縮動作により緩和できる。ところで、圧電素子11の電気信号による伸縮動作に伴って可動部材34が動くと、プランジャがインジェクタ先端から離れず、開弁しないという問題が生じる。この意味では、可動部材34は動いて欲しくない。これは熱膨張の緩和と相反する要請であるが、圧電素子11の熱膨張は1秒のオーダーの現象であり、圧電素子11の電気信号による伸縮動作は、 10^{-4} 秒のオーダーの現象である。そこで、この点を利用すると、相反する要請を満たすことが可能である。

【0045】まず、可動部材34は、温度が変化した時に熱膨張差に追従して動くことが求められ、インジェクタの温度変化が最も激しい状態での熱膨張差を追従できるだけの能力が必要となる。この値をインジェクタ（圧電素子）の温度変化率、圧電素子とインジェクタ構成部材との熱膨張係数の差および圧電素子の素子長さから求めた。すると熱膨張差に追従するためのダンパー移動速度は、約 $0.1\mu\text{m/s}$ 以上となった。一方、弁の開閉のために素子が伸縮する場合は、固定端として作用する必要がある、可動部材に許される移動速度は燃料噴射時に許されるストロークの変化量から求めた。その結果、許容できる固定壁として作用するためのダンパの移動速度は約 $500\mu\text{m/s}$ 以下であることを見出した。以上の検討結果から、熱膨張の緩和と固定端としての働きが両立できる条件は、図8に示す様にダンパーの移動速度が $0.1\mu\text{m/s}$ 以上、 $500\mu\text{m/s}$ 以下の範囲であることが望ましい。

【0046】次に、可動部材の可動範囲については、インジェクタの動作温度範囲が -40°C 以上 150°C 以下であること、圧電素子およびインジェクタ構造部材の熱膨張係数、燃料供給時（加圧時）の圧電素子の収縮とハウジングの膨張、バネ圧による圧電素子の収縮、脱分極現象などを考慮すると、可動部材の室温時の静止点を原点にとると、少なくとも $-150\mu\text{m}$ 以上、 $40\mu\text{m}$ 以下の可動範囲が必要であることを見出した。

【0047】以上述べたことを念頭に置いてインジェクタを作成するためのいくつかの工夫を、次に説明する。

【0048】まず、図7の可動部構造を試作して燃料を供給したところ、支持部材57の大きなインジェクタでは、圧電素子11に加わる荷重が小さく、完全に閉弁しなかった。これは次の理由による。燃料供給時には $7\sim 12\text{MPa}$ の圧力がシリコンオイル36に加わるため、

シリコンオイル36は約1%程度の体積減少を起こす。ダイヤフラム15の支持部材57が大きくなると、ダイヤフラム15の変形領域が減り、シリコンオイルの体積変化に追従して変形できなくなったと考えられる。そのため、燃圧とシリコンオイル36の内圧が一致なくなり、バネ25、バネ35およびハウジング56からの抗力に、燃圧、シリコンオイルの内圧、さらにはダイヤフラム15に発生する応力がプランジャ14に加わり、プランジャ14が本来静止する位置からずれた位置で静止したと考えられる。また、温度の変化によって、シリコンオイル36の圧縮率、あるいはダイヤフラムの弾性定数に変化することから、ダイヤフラムから圧電素子11に加わる力は温度依存性を有することもわかった。前述した原因から考えると、その解決策としては、ダイヤフラムの凹凸の振幅を可能な限り大きくし、変形領域を大きくすることが望ましい。現実には、スペースの問題あるいはダイヤフラムの強度的な問題のため、ダイヤフラムの寸法、形状には制約があるので、次の工夫をした。

【0049】弗素系ゴムで作製した概略平坦なダイヤフラム15を用いて、支持部材57の直径を変化させ、圧電素子11に所定の力（約 10kgf ）が加わる条件を探索した結果、支持部材57の受圧面積を隔壁で囲まれた領域の断面積（インジェクタの中心軸方向に垂直な断面）の $1/3$ 以下にすれば良いことを見出した。

【0050】また、同様の解決策としては、図9に示す様にハウジング56と比較して小型（少なくとも圧電素子11をカバーするに足る大きさ）のペロー41を介して圧電素子11にバネ35から力を加える構成も有効であることがわかった。表2は燃圧が 7MPa の場合のペローの直径（mm）（表2では、受圧部寸法と表示。）と、燃料によって可動部材34側に加えられる力（表2では、燃圧荷重（kgf）と表示。）との関係を示す。ペローの直径が 2mm の場合、燃圧荷重が 2.2kgf である。ペローの直径が 3mm の場合、燃圧荷重が 4.9kgf である。ペローの直径が 4mm の場合、燃圧荷重が 8.8kgf である。ペローの直径が 6mm の場合、燃圧荷重が 19.7kgf である。表2から分かるように、ペローの直径を小さくすると、燃料側から可動部材34側への荷重が小さくなる。この値をバネ35の力に比べて十分に小さくなるようにすれば、圧電素子11をプランジャ14側に押し込む力をほぼ一定に保持できることがわかった。

【0051】

【表2】

表 2
受圧部寸法と燃圧荷重の関係

直径(mm)	燃圧荷重(kgf)
2	2.2
3	4.9
4	8.8
6	19.7

【0052】図10は、ダンパ（図中の可動部材34を含む構造）が生み出す荷重の変化（場所による違い）を小さくするために、シリコンオイル36の中に弾性部材42（例えば弗素系ゴム）を配置した実施例を示す。なお、図7から図10までは、説明のため燃料の流路等を省略して図示している。

【0053】図11は、本発明の実施例のダイヤフラム（可動部材34）の位置と抗力との関係を示す図である。図11中の曲線111に示す様に、弾性部材42がない場合は、燃料の圧力に対してシリコンオイル36中で発生する内圧（抗力）が、曲線112に示す弾性部材42がある場合と比較して、可動部材34の位置によって急激に変化する（図中の△Xが、曲線111の場合が曲線112の場合より小さい）。圧電素子11の受ける力は、厳密には、燃圧、シリコンオイル36の内圧、バネ25、バネ35およびプランジャ14がハウジング56から受ける抗力、ダイヤフラムによる引っ張り力等のバランスで決定され、圧電素子が静止した条件下では、これらの合力は0である。従って、この中のいずれかが、可動部材34の位置によって大きく変化する特性を有していると、圧電素子11の受ける力も可動部材34の位置によって変化する。

【0054】そこで、弾性部材42を図10の様に配置すると、図11の曲線112に示す様に可動部材34の位置によって発生する抗力の変化率が減少し、圧電素子11への荷重も可動部材34の位置の影響を受けにくくなった。その結果、所定の力を圧電素子11側に常に加えることができた。

【0055】以上述べた実施例は、ダイヤフラムあるいはベローといった変形部材を一箇所に設けた場合のものであるが、変形部材を2箇所以上設けることによって同様の目的を達成できる。

【0056】例えば、図12は変形部材として、ベロー41とベロー43を設けることによって、燃圧と内管31中のシリコンオイル36との力のバランスをとり、内管31に固定したバネ35によって圧電素子（図示せず）に荷重を加える構造を示す。

【0057】1つのダイヤフラムによって、大きな可動範囲を確保しようとした場合、口径の大きなものになりがちであるが、図13の様に変形部材を2箇所（ベロー41とベロー43）以上設けている。また可動部材34には、シリコンオイル36の流路45が形成されてい

る。ベロー41とベロー43のような圧電素子（図示しないが、位置関係は図1等と同様である。）の軸方向に伸びるものを用いると、径の小さなダンパになるため、インジェクタを小口径化しやすい。

【0058】ところで、上記実施例は基本的に可動部材34と内管31との間をシリコンオイル36が通過する際の摺動抵抗によって、ダンピング効果を実現するものであった。これに対して、図13の様に可動部材の内部にも流路45を介してシリコンオイルを通過させることによって同様の機能を実現できることがわかった。次に、インジェクタの応答性を考えてみると、図1の構造のインジェクタで高い応答性を実現するためには、ダイヤフラム15がプランジャ14の運動に影響を与えない様にダイヤフラム15を薄肉状のものにする必要がある。この場合、インジェクタ組み立て時に、バネ25によってダイヤフラムあるいはベロー等に許容値を超える荷重が加わり、これらを破損する可能性がある。

【0059】図14の実施例はこの可能性に対する対策を示し、ストッパ46によりダイヤフラム15に過大な変位を起こさせない様にしたもので、これによりダイヤフラム15の健全性が向上する。

【0060】また、図15に示す実施例の様に、内管12の先端にストッパ47を設けることもできる。ストッパ47は、プランジャ14を貫通させる開口を有している。これにより、ダイヤフラム15の過大な変位を起こさせない。よって、インジェクタ組み立て時に、バネ25によってダイヤフラム15あるいはベロー等に許容値を超える荷重が加わることがなく、一段とダイヤフラム15等の破損を防止できた。

【0061】図1に示すインジェクタの場合、ダイヤフラム15の運動に伴って、内管12に圧力分布が発生し、封入されたシリコンオイルの流動がおり、これがダイヤフラムの運動に対する抵抗として働く場合がある。そこで、この課題を解決するため、ダイヤフラム近傍に図16に示すフッ素系ゴムによる弾性部材48を設けた。その結果、この弾性部材48が微小な圧力変動を吸収し、オイルの流動を抑えることから、応答性の低下を抑制できる。

【0062】図17および図18は、本発明の実施例のボールジョイントを用いたインジェクタの断面構造を示す図である。図17では、プランジャ14とダイヤフラム15の間に、ボールジョイント50を圧電素子11の長軸（大きい伸縮を示す方向）上に設置した。圧電素子11に加わる偏荷重を低減できることから、圧電素子11の破損を防止できる。図18では、ダイヤフラム15と圧電素子11との間に、ボールジョイント50を圧電素子11の長軸（大きい伸縮を示す方向）上に設置した。この場合も圧電素子11に加わる偏荷重を低減できることから、圧電素子11の破損を防止できる。

【0063】図19は、本発明の実施例のインジェクタ

のノズル部の断面構造を示す図である。図20は、本発明の実施例のインジェクタのストロークと流量の関係を示す図である。一般に、圧電素子のストロークは、温度依存性があり、また現実には製造した素子の1つ1つにわずかながらストロークの違いがある。ストロークの差がそのまま流量に反映されると、各インジェクタの流量特性に差が生じる。そこで、図19に示すプランジャの先端のボール弁51とインジェクタノズル部52との間の流路の断面積（最大変位時）である流路断面積Aをインジェクタノズル部の先端の流路の断面積である流路断面積Bよりも小さく（図20中のオリフィス流量制御型）すれば、流量とストロークの関係は、図20に示す様にストロークの大きな領域では流量が、所定の定格値で飽和する特性を示し、この特性を用いることにより、圧電素子のストロークの温度依存性およびばらつきの影響を低減できる。図20中のストローク依存型は、プランジャ14の先端のボール弁51とインジェクタノズル部52との間の流路の断面積（最大変位時）である流路断面積Aをインジェクタノズル部の先端の流路の断面積である流路断面積Bよりも大きいばあいである。

【0064】図21は、本発明の実施例の固定部材を用いたインジェクタの断面構造を示す図である。圧電式インジェクタにおいては、圧電素子に対する偏荷重がわずかであったとしても、圧電素子を高速で駆動するため、圧電素子が回転運動を起こし、素子のリード線が断線することがあった。図21はこの課題の対策例を示し、ダイヤフラム15と圧電素子11の間に、圧電素子11よりも一回り大きな角状の溝を堀った固定部材58を設けたもので、これによって圧電素子11の回転を防止できた。固定部材58の溝は、一般に角型形状の断面形状を有する圧電素子11の一端が嵌まるように、圧電素子11よりも一回り大きな角状の溝となっている。したがって、回転を防止したい圧電素子11の断面形状に対応して固定部材の溝形状は決定される。

【0065】図22および図23は、本発明の実施例のインジェクタノズル部の断面構造を示す図である。また、プランジャ14にストッパを設けることも考えられる。その場合は、プランジャ14がストッパに衝突した瞬間に流路の一部が塞がれることによって流量特性に微妙に影響を与える課題が考えられる。図22および図23は、この課題を解決するための実施例を示し、図22の例は、図1の部材28に対応した部材55（プランジャ14の動作のガイド（プランジャ14の動作の偏心を防止する機能を有する。）を果たす。）に流路を形成するものである。図23の例は、プランジャ14自身に燃料の流路54を形成したものである。即ち、ボール弁51を支持する部材53に流路54を形成する。これらにより、プランジャ14が部材55へ衝突もしくは近づいた時の流量変動を抑制できる。また、部材55によりプランジャ14の軸に垂直な方向への運動を制約すること

により、噴射特性の再現性を向上できるとともに、プランジャ14の先端部分の破損頻度を低減できることがわかった。

【0066】次に、図24は、本発明の実施例のインジェクタを用いた噴射システムの動作を示す図である。また、図25は、本発明の実施例の予混合割合とNOx排出量との関係を示す図である。

【0067】図24は、本発明による圧電式インジェクタを用いた燃料噴射システムに関する実施例を示す。同図右欄に示すように、内燃機関（エンジン）のシリンダ243内にピストン244があり、その上部に点火プラグ241およびシリンダ243内壁とピストン244により作られた燃焼室内に直噴方式で燃料を供給する圧電式インジェクタ242がある。現在、排気ガスの浄化が強く望まれており、特にNOxの低減は技術的にも難しい重要な課題となっている。図24の左欄の比較例のグラフに示す様に、一般の直噴エンジンは、燃料を圧縮行程における1回噴射（例えば15mcc）であったが、この場合、図24の右欄上段に示す様に、燃料が集中し、燃焼温度が局所的に上がりすぎ、NOxが発生しやすいという問題があった。

【0068】一方、図24の左欄の多段噴射のグラフに示す様に、燃料噴射を吸気行程（例えば12mcc）と圧縮行程（例えば3mcc）の2回に分け、圧縮行程での燃料噴射量を少なくすると燃料の集中が防止され、局所的な温度上昇を低減でき、その結果NOxを低減できる。

【0069】また、吸気行程の予混合の割合を0.7～0.9にすることにより図25に示す様にNOx排出量を約1/2に低減できる。

【0070】以下に本発明の特徴を例示する。

【0071】1. 燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、プランジャを駆動するバネ、これらを固定する治具およびハウジング（インジェクタの最も外側の構造部材）等から構成されたインジェクタにおいて、圧電素子および圧電素子を支持する部材の周囲に、これらを燃料から隔離する構造物（隔壁）を設け、燃料をハウジングと隔壁との間を通過させるか、ハウジングの一部に流路となる穴を設けて、インジェクタ先端に供給するとともに、燃料供給ラインとインジェクタとの接合部（燃料導入部）を、プランジャから見て、圧電素子より後方（又は背部）に配置することである。

【0072】2. 上記1. において、圧電素子のリード線を装着する電極を有する部材を設け、この部材の電極とは離れた位置に、燃料が通過する流路を設けることである。

【0073】3. 燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、プランジャを駆動するバネ、これらを固定する治具およびハウジング等から構成されたインジェクタにおいて、燃料に対して圧電

素子を保護する保護膜（オーバーコート）を圧電素子に施し、燃料を該圧電素子と隔壁との間を通過させてインジェクタ先端に供給するとともに、燃料供給ラインとインジェクタとの接合部（燃料導入部）を、プランジャから見て、圧電素子より後方に配置することである。

【0074】4. 燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、プランジャを駆動するバネ、これらを固定する治具およびハウジング等から構成されたインジェクタにおいて、圧電素子を支持する可動部材の移動速度が、インジェクタ動作時に $0.1 \mu\text{m/s} \sim 500 \mu\text{m/s}$ の範囲内とすることである。

【0075】5. 燃料通路の開閉を行うプランジャ、プランジャを駆動する中実の圧電素子、プランジャを駆動するバネ、これらを固定する治具およびハウジング等から構成されたインジェクタにおいて、圧電素子を支持する可動部材が、室温時の静止点を原点とした時、少なくとも $-150 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$ の移動ができるようにすることである。

【0076】6. 上記1. 又は3. において、固定部材に取り付けたバネと連結した可動部材（例えば、ダンパー）によって圧電素子を支持し、可動部材の周囲に流体を充填し、隔壁の一部に変形可能な部材（例えば、ダイヤフラム又はベロー（ベローズとも称する。））を設けることである。

【0077】7. 上記6. において、変形可能な部材の中央部に圧電素子の支持部材を設け、この支持部材のインジェクタの長手方向の中心軸に垂直な面の受圧面積を、隔壁で囲まれた領域の断面（インジェクタの中心軸に垂直な断面）の面積の $1/3$ 以下にすることである。

【0078】8. 上記6. において、変形可能な部材が燃料から受ける圧力の内、プランジャの軸方向の力を、可動部材に取り付けたバネの力よりも小さくすることである。

【0079】9. 上記6. において、流体の中に可動部材（例えば、ダンパー）から見て圧電素子とは反対側に変形可能な部材（例えば、）を設けることである。

【0080】10. 上記6. において、可動部材の周囲に設けた隔壁に2箇以上の変形可能な部材を設けることである。

【0081】11. 上記6. において、可動部材の内部に流体の通過可能な流路を形成することである。

【0082】12. 上記1. 又は3. において、隔壁の一部、もしくはこれに装着した部材により、圧電素子を支持する可動部材の可動範囲に制限を加えることである。

【0083】13. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、圧電素子の周囲に設けた燃料と素子とを隔離する構造物の内部に弾性部材を設けることである。

【0084】14. 上記1. , 3. , 4. 又は5. にお

いて、圧電素子とプランジャとを機械的に接続する部材の一部にボールジョイントを設けることである。

【0085】15. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、インジェクタ先端のノズルの流路断面積を、開弁状態におけるプランジャ先端部とノズルの間の流路断面積よりも小さくすることである。

【0086】16. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、プランジャの可動範囲を制限し、かつ燃料が通過可能な構造部材を設けることである。

【0087】17. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、プランジャの可動範囲を制限し、プランジャ内部に燃料の通過する流路を形成することである。

【0088】18. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、プランジャの軸に垂直な方向への運動を制限する部材を設けることである。

【0089】19. 上記1. , 3. , 4. 又は5. において、圧電素子の軸方向の回転を制約する部材を圧電素子に接合することである。

【0090】20. 上記1. , 3. , 4. 又は5. に記載の圧電式インジェクタを用いて、吸気行程と圧縮行程の両方で燃料を噴射し、圧縮行程の噴射量を吸気行程の噴射量よりも小さくすることである。

【0091】21. 上記20. において、吸気行程の噴射量の割合を $0.7 \sim 0.9$ にすることである。

【0092】以上によれば、省スペース構造で、広範な温度で健全性を保ち、安定した特性を発揮できる高速応答のインジェクタを実現できる。また、排気ガス中の NO_x 低減に有効な燃料噴射システムを構築できる。

【0093】

【発明の効果】本発明によれば、内燃機関に好適な燃料供給用のインジェクタを提供できる。また、本発明によれば、排気ガス中の NO_x を低減できる燃料噴射システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の圧電式インジェクタの断面構造を示す図である。

【図2】本発明の比較例の圧電式インジェクタの断面構造を示す図である。

【図3】本発明の実施例の圧電式インジェクタの電極取り出し部を詳細に示す図である。

【図4】本発明の実施例の圧電式インジェクタの電極取り出し部の断面構造を示す図である。

【図5】本発明の実施例の断面構造を示す図である。

【図6】本発明の実施例の圧電式インジェクタの断面構造を示す図である。

【図7】本発明の実施例のダンパの概略構成を示す図である。

【図8】本発明の実施例の可動部材の許容される移動速度を示す図である。

【図9】本発明の実施例のベローを用いたインジェクタ

の概略構成を示す図である。

【図10】本発明の実施例の弾性部材を用いたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図11】本発明の実施例のダイヤフラムの位置と抗力との関係を示す図である。

【図12】本発明の実施例のベローを有するインジェクタの断面構造を示す図である。

【図13】本発明の実施例の可動部材中に流路を形成したインジェクタの断面構造を示す図である。

【図14】本発明の実施例のストッパを設けたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図15】本発明の実施例のストッパを設けたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図16】本発明の実施例の弾性部材を用いたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図17】本発明の実施例のボールジョイントを用いたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図18】本発明の実施例のボールジョイントを用いたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図19】本発明の実施例のインジェクタのノズル部の断面構造を示す図である。

【図20】本発明の実施例のインジェクタのストロークと流量の関係を示す図である。

【図21】本発明の実施例の固定部材を用いたインジェクタの断面構造を示す図である。

【図22】本発明の実施例のインジェクタノズル部の断面構造を示す図である。

【図23】本発明の実施例のインジェクタノズル部の断面構造を示す図である。

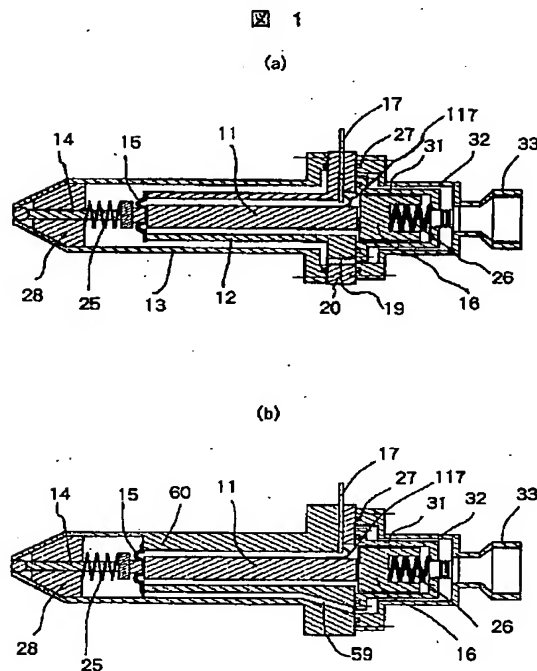
【図24】本発明の実施例のインジェクタを用いた噴射システムの動作を示す図である。

【図25】本発明の実施例の予混合割合とNO_x排出量との関係を示す図である。

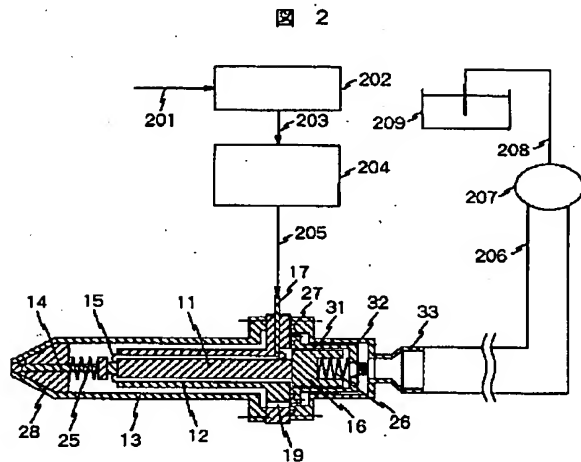
【符号の説明】

11…圧電素子、12, 31…内管、13, 32…外管、14…プランジャ、15…ダイヤフラム、16…可動部材、17…電極、18…電気絶縁部、19…燃料貫通孔、20…電極取り出し部、21…溶接部、22…ケーシング、25, 26, 35…バネ、27…パッキン、28, 53, 55…部材、29, 41, 43…ベロー、33…燃料導入部、34…可動部材、36…シリコンオイル、42, 48…弾性部材、45, 54, 59…流路、46, 47…ストッパ、50…ボールジョイント、51…ボール弁、52…インジェクタノズル部、56, 60…ハウジング、57…支持部材、58…固定部材。

【図1】

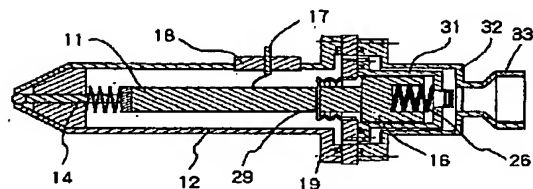


【図2】

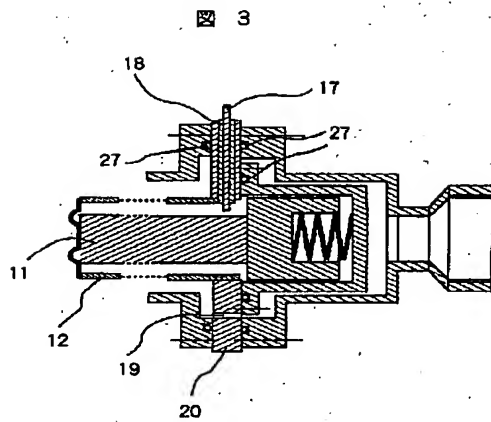


【図6】

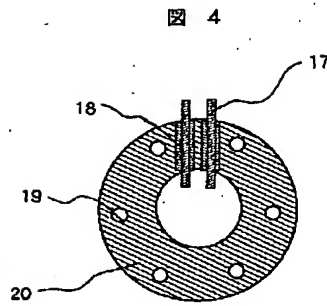
図 6



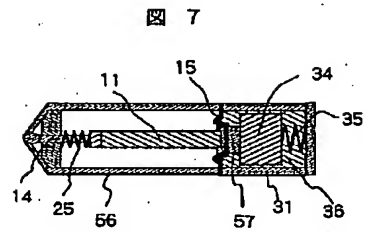
【図3】



【図4】



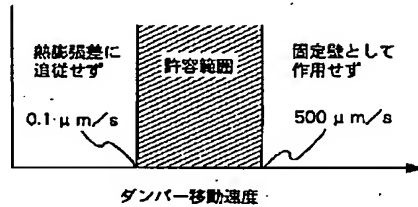
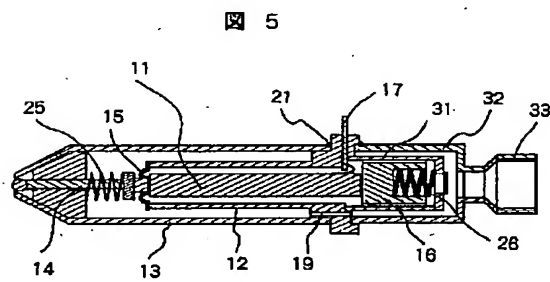
【図7】



【図8】

図 8

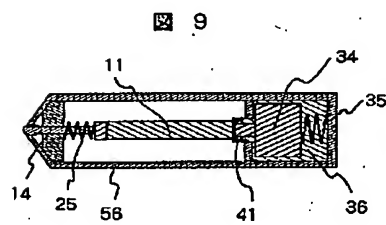
【図5】



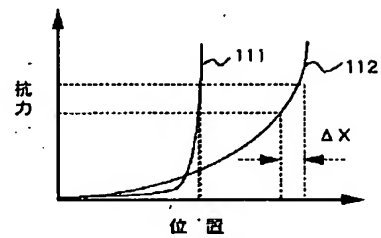
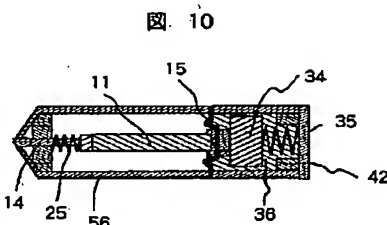
【図11】

図 11

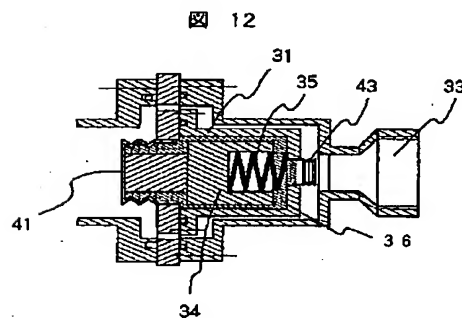
【図9】



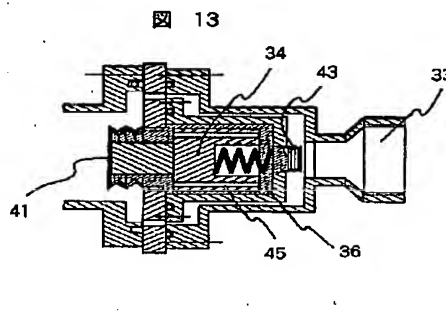
【図10】



【図12】

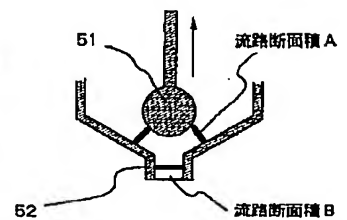


【図13】



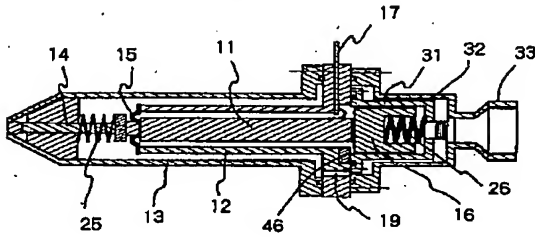
【図19】

図 19



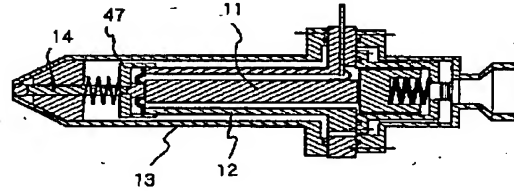
【図14】

図 14



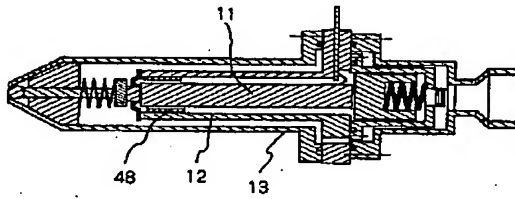
【図15】

図 15



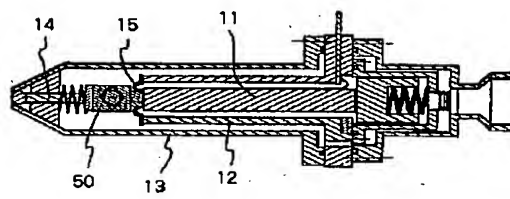
【図16】

図 16



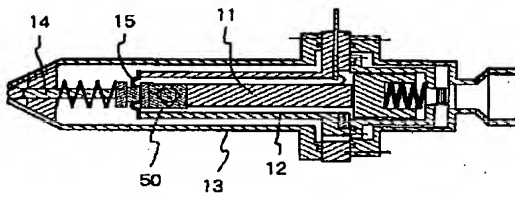
【図17】

図 17



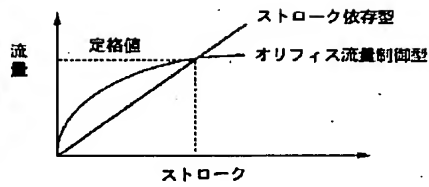
【図18】

図 18



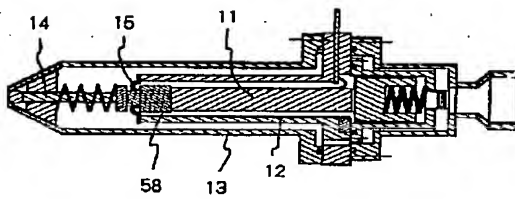
【図20】

図 20



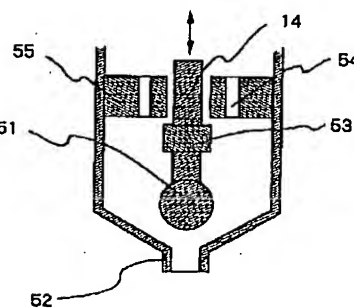
【図21】

図 21



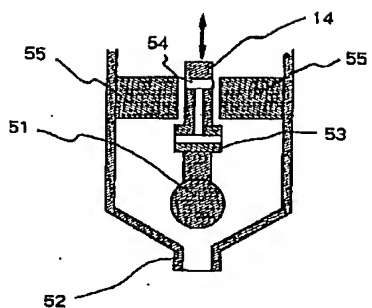
【図22】

図 22



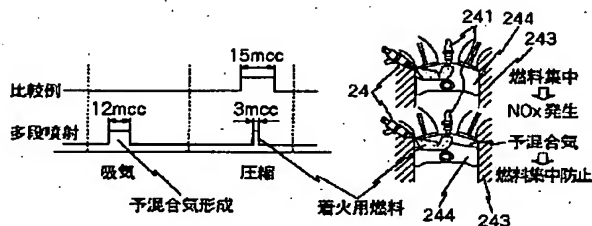
【図23】

図 23



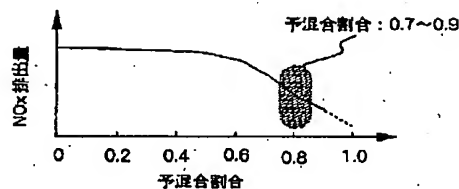
【図24】

図 24



【図25】

図 25



フロントページの続き

- (72)発明者 大須賀 稔
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 野木 利治
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 白石 拓也
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 岡本 良雄
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

- (72)発明者 田辺 好之
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株
式会社日立製作所自動車機器事業部内
- (72)発明者 濱田 泰久
茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会
社日立カーエンジニアリング内
- Fターム(参考) 3G066 AA02 AB02 AD12 BA19 BA25
BA33 BA40 BA67 CC01 CC06T
CC06U CC08U CC51 CC64U
CC66 CD10 CD14 CD16 CD17
CD26 CD28 CD29 CD30 CE27
CE30 CE34